$\boxed{T_C = T_K - 273{,}15}$ $f(T) = aT + b$

Chaleur sensible :

$P = cte$, $Q = \int m C_p \, dT$ → capacité thermique massique

$$\boxed{Q = m C_p (T_f - T_i)}$$

$C_p = \frac{dQ}{dt}$ (J/K) 1 degré (1g)

$= \frac{1}{M} \cdot \frac{dQ}{dt}$ (J/mol.K) (1 mole)

Chaleur Latente

$$\boxed{Q = m.L}$$

$Q = Q_1 + Q_F + Q_2 + Q_{3v} + Q_3$

$= m C_p^S (T_F - T_i) + m L_F + m C_p^L (T_v - T_F) + m L_v + m C_p^v (T_f - T_v)$

Equilibre Thermique :

$$\sum_i Q_i = 0$$

Variables Thermodynamiques

Gaz Parfaits : $PV - nRT = 0$

Gaz réels : $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) - nRT = 0$ a, b : ctes

$W_{1 \to 2} = -\int_{V_1}^{V_2} P \, dV$ (Lors de la transformat° isobare)

. W est ~~moteur~~ récepteur $(W > 0) \Rightarrow V \downarrow \Rightarrow$ réception de l'Energie

. W est ~~résistif~~ moteur $(W < 0) \Rightarrow V \nearrow \Rightarrow$ cède du travail

~~récepteur~~ $\boxed{W_t + Q_t = 0}$ pour le cycle de transformat°

1er principe

1er Principe

$$\boxed{\Delta U_{12} = W_{12} + Q_{12}}$$

$$dU = \delta W + \delta Q$$

$\delta Q = C_v \, dT + l \, dV$ / $\delta Q = C_p \, dT + h \, dP$

$$\boxed{\delta Q = \lambda \, dP + \mu \, dV}$$

$$dH = dU + PdV = \delta Q + V \, dP$$

* 1ère Loi de Joule $dU = n C_v \, dT$ énergie interne

* 2ème Loi de Joule $dH = n C_p \, dT$ l'enthalpie

. Relation de Mayer : $\boxed{C_p - C_v = nR}$

$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow C_v = \frac{nR}{\gamma - 1}$; $C_p = \frac{n\gamma R}{\gamma - 1}$

$\gamma = 5/3 \approx 1{,}67$

$\gamma = \frac{7}{5} \approx 1{,}4$



- **Transformat° isobare** $1 \to 2$

$P = cte$ | $C_p = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P$ | $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$

- **Transformat° isochore**

$V = cte$ / $C_v = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_v$ / $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ / $W = 0$

- **Transformat° isotherme**

$T = cte$ / $PV = cte$ / Relation de Clausis $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \Rightarrow \sum_i \left(\frac{Q_i}{T_i}\right) = 0$

- **Transformat° adiabatique**

$Q = 0$

Si $\gamma = cte$: $PV^\gamma = cte$ / $TV^{\gamma-1} = cte$ / $T^\gamma P^{1-\gamma} = cte$

Q_1 : chaleur perdue source froide
Q_2 : " " reçue " chaude

$P = \frac{|W|}{t}$ $P = U.I$ $\Rightarrow W = U.I.t$

* **Cycle ditherme récepteur**

$W > 0$

- **Pompe à chaleur**

$e_p = \left|\frac{Q_2}{W}\right| = \left|\frac{Q_2}{-(Q_2+Q_1)}\right| = \left|\frac{1}{1+\frac{Q_1}{Q_2}}\right|$ Q_2 = Chaude

- **Machine frigorifique:**

$e_f = \left|\frac{Q_1}{W}\right| = \left|\frac{Q_1}{-(Q_2+Q_1)}\right| = \left|\frac{1}{\frac{Q_2}{Q_1}+1}\right|$ Q_1 = Froide

* **Cycle ditherme moteur**

$W < 0$

$\eta = \left|\frac{W}{Q_2}\right| = \left|\frac{-(Q_2+Q_1)}{Q_2}\right| = \left|1 + \frac{Q_1}{Q_2}\right| < 1$ (Q_2 chaude)

- **Rendement du cycle de Carnot:**

$\eta = \left|1 + \frac{Q_1}{Q_2}\right| = \left|1 - \frac{T_1}{T_2}\right|$



Conducteur en équilibre (électrost)

↳ Les charges libres qu'il contient sont toutes en repos.

Champ électrique dans le conducteur :

$\vec{E} = 0$ à l'intérieur du conducteur

Potentiel du conducteur

Le volume du conducteur est équipotentiel

$V(M) = cte$ à l'intérieur et sur la surface du Cdctr

La charge du conducteur

D'après l'équation de Poisson : $\text{div}\,\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

$\rho = 0$ à l'intérieur du CPC

Champ à l'extérieur d'un conducteur :

• Champ au voisinage d'un conducteur en équilibre

$\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}$ => Théorème de Coulomb.

• Champ sur la surface d'un conducteur en équilibre :

$\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{n}$

Pression électrostatique :

$\frac{d\vec{F}}{ds} = E\sigma = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} \Rightarrow P_e = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$

② Capacité propre d'un conducteur isolé ds l'espace

$C = \frac{Q}{V}$ (F)arad cette capacité est tjrs positive



4) Flux du Champ Electrostatique

$d\Phi = \vec{E}.\vec{dS} = \vec{E}\,\vec{n}\,dS = E\,dS.1.\cos\alpha$

$$\Phi = \int d\Phi = \iint_S \vec{E}.\vec{dS}$$

* **Flux produit par une charge ponctuelle**

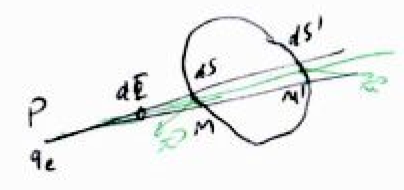
$d\Phi = \vec{E}.\vec{dS} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{\vec{u}.\vec{dS}}{r^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{1.dS.\cos\alpha}{r^2}$ = L'angle solide

$d\Phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}d\Omega \Leftrightarrow$ $$\Phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}.\Omega$$

* **Théorème de Gauss**

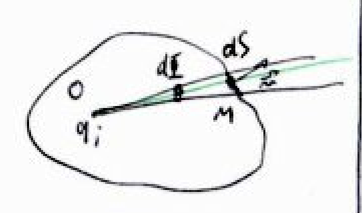
- Cas d'une charge p. extérieure q_e

$\Phi_{tot} = 0$



- Cas d'une charge p intérieure q_i

$d\Phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}d\Omega$



Avec $\int d\Omega = 4\pi \Rightarrow$ $$\Phi = \frac{q_i}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow \Phi = \frac{\sum q_i}{\varepsilon_0} = \iint_{(S)} \vec{E}.\vec{dS}$$

- Cas de deux charges p.

$$\Phi = \frac{\sum q_i}{\varepsilon_0} + \frac{\sum q_s}{2\varepsilon_0}$$

5) Eqt° Fondamentales du Champ électrostatique

$$\mathrm{div}\,\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$\vec{E} = -\vec{\mathrm{grad}}\,V \Rightarrow \vec{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = -\vec{\mathrm{rot}}(\vec{\mathrm{grad}})\,\vec{E} = 0$

$$\vec{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = 0$$

$$\Delta V + \frac{\rho}{\varepsilon_0} = 0$$

* $\rho = 0 \Rightarrow$ $\Delta V = 0$ $\Leftarrow$ L'équation de Laplace.



① Loi de Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{u}$$

9.10^9 M.K.S.A

$\vec{r} = \vec{AB}$, $r = \|\vec{AB}\| = AB$

$\vec{u} = \frac{\vec{r}}{r}$

$$\Rightarrow \vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1 q_2}{r^3}\vec{r}$$

② Champ électrostatique

$$\vec{F} = Q\vec{E} \qquad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2}\vec{u}$$

$-q$ $\vec{E}(+)$; $+q$ $\vec{E}(+)$

* Cas D. discrète des q :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}Q\sum_{i=1}^{m}\frac{q_i}{r_i^2}\vec{u}_i$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{m}\frac{q_i}{r_i^2}\vec{u}_i = \sum_{i=1}^{m}\vec{E}_i \quad \text{avec } \vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_i}{r_i^2}\vec{u}_i$$

* Cas D. continue

• $\rho = \frac{dq}{d\tau} \Rightarrow d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{dq}{r^2}\vec{u} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\rho\, d\tau}{r^2}\vec{u}$

Champ Totale

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iiint_{(V)}\frac{\rho\, d\tau}{r^2}\vec{u} \Rightarrow \vec{F} = Q\vec{E}$$

Force Totale

• $\sigma = \frac{dq}{dS}$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iint_{(S)}\frac{\sigma\, dS}{r^2}\vec{u}$$

• $\lambda = \frac{dq}{dl}$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_{(C)}\frac{\lambda\, dl}{r^2}\vec{u}$$

③ Le Potentiel Électrostatique

$$\vec{E} = -\vec{grad}\, V$$

$$V = -\int\vec{E}\cdot\vec{dl} = -\int(E_x dx + E_y dy + E_z dz)$$

En coord sphériq : $\vec{dl} = dr\,\vec{u} + r\,d\theta\,\vec{v} + r\sin\theta\,\vec{w}$

$$V = -\int\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{dr}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r} + C^{te} \qquad V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r}\ (V)$$

* Travail de Force électrostatique

$$dW = \vec{F}\vec{dl} \ / \ \vec{F} = Q\vec{E} = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\vec{r}}{r^3} \quad \text{avec } \vec{dl} = \vec{dr}$$

$$\Rightarrow W_A^B = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\int_A^B\frac{\vec{r}}{r^3}\vec{dr} \ / \ \vec{r}^2 = r^2 \Rightarrow 2\vec{r}\vec{dr} = 2r\,dr$$

$$= \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\int_A^B\frac{dr}{r^2} = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_{r_A}^{r_B} = Q\cdot\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_A}-\frac{1}{r_B}\right)$$

$$W_A^B = Q(V_A - V_B)$$

* Potentiel créé par l'ensemble des charges ponctuelles (discrète)

$$V = \sum_i^m V_i = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum^m\left(\frac{q_i}{r_i}\right)$$

* Potentiel créé par des systèmes de charges (D. continue)

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iiint_{(V)}\frac{\rho}{r}d\tau$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iint_{(S)}\frac{\sigma}{r}dS$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_{(C)}\frac{\lambda}{r}dl$$

